

スピンドル膜の製造方法

発明の背景

発明の分野

【0001】

本発明は、下地膜と、第1の強磁性膜と、第2の強磁性膜と、これら第1および第2強磁性膜間に挟まれた導電膜とを具えるスピンドル膜の製造方法及びスピンドル膜を有する薄膜磁気ヘッドの製造方法に関するものである。

関連技術の説明

【0002】

磁気ディスクドライブ装置が小型化される傾向の中で、磁気抵抗効果を利用した磁気抵抗センサを用いた薄膜磁気ヘッドは、出力が磁気ディスクとの間の相対速度に関係しないため、高記録密度で磁気記録媒体に記憶されている情報を読み取るのに適した磁気変換器として従来より知られている。

【0003】

このような磁気抵抗効果を利用した読み出し磁気ヘッド素子としては、パーマロイ等による異方性磁気抵抗効果膜（以下AMR膜と称する）を利用したもののが一般的であったが、最近は、巨大磁気抵抗効果膜（以下GMR膜と称する）を用いたもの、特に、スピンドル膜が主流になっている。スピンドル膜を用いた磁気抵抗センサは、特開平4-358310号公報及びIEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, Vol. 30, No. 6, November 1994に記載されている。スピンドル膜は、下地膜と、第1の強磁性膜と、導電膜と、第2の強磁性膜とを主として含む。

【0004】

導電膜は第1の強磁性膜及び第2の強磁性膜によってサンドイッチされており、第1の強磁性膜及び第2の強磁性膜の一方は、外部磁界に応答するフリー層として用いられ、他方は磁化方向が固定されたピンド層として用いられる。

【0005】

第1の強磁性膜がフリー層として用いられる場合は、第2の強磁性膜はピンド層となり、第1の強磁性膜がピンド層として用いられる場合は、第2の強磁性膜

がフリー層となる。フリー層として用いられる強磁性膜は、例えば、NiFe膜及びCo膜またはCoFe膜の積層膜として構成され、ピンド層として用いられる強磁性膜は、例えば、Co膜またはCoFe膜として構成される。ピンド層を構成する強磁性膜に隣接して反強磁性膜を配置し、これら強磁性膜と反強磁性膜との交換結合により、強磁性膜は一方向に磁化される（ピン止めされる）。

【0006】

下地膜は高い磁気抵抗効果変化率（以下MR変化率と称する）を確保できること、強磁性膜への拡散が少ないこと、及び、耐食性に優れていること等の観点に従って選択された材質によって構成される。

【0007】

スピナルブ膜に外部磁界が印加される場合、フリー層の磁化方向が外部磁界の強さに応じて回転する。スピナルブ膜の抵抗値は、ピンド層の磁化方向に対するフリー層の磁化方向の角度によって定まる。スピナルブ膜の抵抗値は、フリー層の磁化方向が、ピンド層の磁化方向に対して逆方向のとき、最大となり、同一の方向のときに最小になる。この抵抗値の変化から外部磁界を検出する。

【0008】

上述したスピナルブ膜はスパッタリングによって製造されている。スピナルブ膜を構成する各種の膜を形成するに際しては、従来は、スパッタ成膜用真空チャンバ内に基板を導入し、この成膜用真空チャンバ内において、ターゲットを変えながら、スパッタ成膜を有意な時間中断することなく、連続的に形成している。ターゲットを変えるときに、成膜は一時的に中断されるが、その時間は極く短時間であり、その間に膜の特性が変化するようなことはない。

【0009】

この連続成膜法によれば、スピナルブ膜の異方性磁界 H_k が高く、品質の高い成膜が可能である。スピナルブ膜においては、フリー層で生じる異方性磁界は、ピンド層で生じる磁界の影響を受ける。本明細書において、スピナルブ膜の異方性磁界 H_k とは、ピンド層による磁気的影響を受けたフリー層で生じる異方性磁界をいう。

【0010】

上述したスピナルブ膜は、磁気センサ、非破壊磁気メモリとしても利用できるが、最も重要な用途は、薄膜磁気ヘッドにおける読み取り素子である。スピナルブ膜を読み取り素子として用いた薄膜磁気ヘッドでは、読み取り信号出力の増大のために、種々の手段が提案され、実用に供されている。

【0011】

しかしながら、スピナルブ膜を上述した連続成膜工程によって製造した場合、読み取り信号出力の増大に限界があった。

発明の概要

【0012】

本発明の目的は、薄膜磁気ヘッドの読み取り素子として用いた場合に、高い読み取り信号出力を得ることができるスピナルブ膜を製造する方法を提供することである。

【0013】

本発明によるスピナルブ膜の製造方法は、
基板の表面に下地膜を形成する工程と、
この下地膜の上にフリー層として機能する第1の強磁性膜を形成する工程と、
この第1の強磁性膜の上に導電膜を形成する工程と、
この導電膜の上にピンド層として機能する第2の強磁性膜を形成する工程と、
この第2の強磁性膜の上に反強磁性膜を形成する工程とを具え、
スピナルブ膜を構成する前記の下地膜、第1の強磁性膜、導電膜および第2の強磁性膜を形成するプロセスにおいて順次に形成すべき2つの膜の成膜プロセスの先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、成膜プロセスを中断してスピナルブ膜の異方性磁界を低減する工程を有するものである。

【0014】

さらに、本発明によるスピナルブ膜の製造方法は、
基板の表面に下地膜を形成する工程と、
この下地膜の上に反強磁性膜を形成する工程と、
この反強磁性膜の上にピンド層として機能する第1の強磁性膜を形成する工程と、

この第1の強磁性膜の上に導電膜を形成する工程と、
この導電膜の上にフリー層として機能する第2の強磁性膜を形成する工程とを
具え、

スピンドル膜を構成する前記第1の強磁性膜、導電膜および第2の強磁性膜
を形成するプロセスにおいて順次に形成すべき2つの膜の成膜プロセスの先行成
膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、成膜プロセスを中断
してスピンドル膜の異方性磁界を低減する工程を有するものである。

【0015】

本発明は、順次に形成すべき2つの膜の成膜プロセスの間で成膜プロセスを中
断し、膜界面に元素を吸着させることによって、スピンドル膜の異方性磁界 H_k を、従来の連続成膜法によって得られる異方性磁界 H_k よりも低くする工程を
付加するものであるが、スピンドル膜の異方性磁界 H_k が低くなると、当該ス
ピンドル膜を、例えば、薄膜磁気ヘッドの読み取り素子として用いた場合、読
み取り信号が大きくなることが分かった。

【0016】

本発明によるスピンドル膜の製造方法においては、スピンドル膜を構成す
る上述した種々の膜は、基板を成膜用真空チャンバ内に入れてスッパッタリング、
MBE、蒸着などで形成することができる。この場合、基板を順次に形成すべき
2つの膜の成膜プロセスの先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを
実行する前、成膜プロセスを中断して異方性磁界を低減させる工程は、種々の方
法で実施することができる。

【0017】

例えば、先行成膜プロセスを終了した後も基板をそのまま成膜用真空チャンバ
内に残したままで、成膜プロセスを中断して異方性磁界を低減する工程を実施す
るか、先行成膜プロセスを終了した後、基板を別個の真空チャンバへ移して成膜
プロセスを中断して異方性磁界を低減する工程を実施することができる。後者の
場合には、成膜プロセスの中斷後、基板を再び成膜用真空チャンバへ戻して、後
続の成膜プロセスを実行する。

【0018】

先行成膜プロセスを終了した後も基板をそのまま成膜用真空チャンバ内に残したままで、成膜プロセスの中止を実行する場合には、基板を成膜用真空チャンバ内にそのままの状態で所定の時間保持することによって実施できる。この場合、基板を成膜用真空チャンバ内にそのままの状態で保持する時間は、3分以上であり、従来の連続成膜プロセスと明確に区別することができる。この保持時間の典型的な値は、例えば20分と比較的長いものである。

【0019】

本発明によれば、上述した成膜プロセスを中断して異方性磁界を低減する工程を実施する時間を短縮することができる。例えば、前後する2つの成膜プロセスの先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、少なくとも1回、成膜を伴わないプラズマ中に曝す工程を含んでいてもよい。この方法によれば、成膜プロセスの中止時間を非常に短くしても、スピナーバルブ膜の異方性磁界を、必要なレベルまで低下させることができる。また、この処理は、基板を成膜用真空チャンバ内に保持したままで行なうことができるが、別個の真空チャンバへ移して実施することもできる。

【0020】

成膜プロセスの中止時間の短縮に有効な方法としては、上述した方法の他、次のような方法がある。

(a) スピナーバルブ膜を成膜する工程において、前後する2つの成膜プロセスのうち、先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、成膜用真空チャンバよりも低い真空中度の別の真空チャンバ内に入れる。

(b) スピナーバルブ膜を成膜する工程において、前後する成膜プロセスのうち、先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、成膜用真空チャンバよりもH₂O濃度またはO₂濃度の高い別の真空チャンバ内に入れる。

(c) スピナーバルブ膜を成膜する工程において、前後する2つの成膜プロセスのうち、先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、H₂OまたはO₂が1ppm以上含まれるガスにより表面処理を行う。

(d) スピナーバルブ膜を成膜する工程において、前後する2つの成膜プロセスのうち、先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、プロセ

スガスを流しながら、所定時間放置する。

【0021】

本発明はさらに、上述したスピナルブ膜を読み取り素子として具える薄膜磁気ヘッドの製造方法にも関するものであり、この薄膜磁気ヘッドは、スピナルブ膜を有する読み取り素子および誘導型の書き込み素子をも有するものである。この書き込み素子は、面内記録用素子及び垂直記録用素子の何れであってもよい。

【0022】

本発明による薄膜磁気ヘッドの製造方法は、書き込み素子を基板によって支持されるように形成される前または後に、スピナルブ膜を有する磁気抵抗効果型の読み取り素子を形成するプロセスを含み、このプロセスが、

基板の表面に下地膜を形成する工程と、

この下地膜の上にフリー層として機能する第1の強磁性膜を形成する工程と、

この第1の強磁性膜の上に導電膜を形成する工程と、

この導電膜の上にピンド層として機能する第2の強磁性膜を形成する工程と、

この第2の強磁性膜の上に反強磁性膜を形成する工程とを具え、

スピナルブ膜を構成する前記の下地膜、第1の強磁性膜、導電膜および第2の強磁性膜を形成するプロセスにおいて順次に形成すべき2つの膜の成膜プロセスの先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、成膜プロセスを中断してスピナルブ膜の異方性磁界を低減する工程を有するものである。

【0023】

さらに、本発明による薄膜磁気ヘッドの製造方法は、書き込み素子を基板によって支持されるように形成される前または後に、スピナルブ膜を有する磁気抵抗効果型の読み取り素子を形成するプロセスを含み、このプロセスが、

基板の表面に下地膜を形成する工程と、

この下地膜の上に反強磁性膜を形成する工程と、

この反強磁性膜の上にピンド層として機能する第1の強磁性膜を形成する工程と、

この第1の強磁性膜の上に導電膜を形成する工程と、

この導電膜の上にフリー層として機能する第2の強磁性膜を形成する工程とを

見え、

スピナルブ膜を構成する前記第1の強磁性膜、導電膜および第2の強磁性膜を形成するプロセスにおいて順次に形成すべき2つの膜の成膜プロセスの先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、成膜プロセスを中断してスピナルブ膜の異方性磁界を低減する工程を有するものである。

図面の簡単な説明

図1は、スピナルブ膜の構造を模式的に示す図である。

図2は、スピナルブ膜の構造の別の例を模式的に示す図である。

図3は、成膜プロセス中断タイミングと異方性磁界 H_k との関係を示すグラフである。

図4は、スピナルブ膜を薄膜磁気ヘッドの読み取り素子として用いた場合における異方性磁界 H_k (Oe) と読み取り信号出力 (mV) との関係を示す図である。

図5は、処理方法と異方性磁界 H_k との関係を示すグラフである。

実施例の詳細な説明

【0024】

図1は本発明に係る方法によって製造されるスピナルブ膜の構造を模式的に示す断面図である。図示されたスピナルブ膜1は、下地膜126と、第1の強磁性膜120、121と、導電膜122と、第2の強磁性膜123と、反強磁性膜124と、保護膜125とを積層して構成されている。下地膜126は非磁性基板3の上に付着され、最下層膜を構成している。

【0025】

第1の強磁性膜120、121は、下地膜126の上に形成されている。第1の強磁性膜120、121は、この実施例では、外部磁界に応答するフリー層であり、強磁性膜120と、強磁性膜121とを積層した2層膜構造となっている。このような積層膜の他、単層膜構造、または、3層以上の多層膜構造を採用することもできる。図1を参照した説明において、強磁性膜120を第1のフリー層120と称し、強磁性膜121を第2のフリー層121と称することとする。また、第1のフリー層120及び第2のフリー層121の積層膜を、フリー層12

0、121と称することとする。第1のフリー層120としては、例えば、NiFe膜を用いることができ、第2のフリー層121としては、例えば、Co膜、CoFe膜を用いることができる。

【0026】

第2のフリー層121の上に導電膜122が形成されている。導電膜122は、例えば、Cu膜によって構成される。

【0027】

導電膜122の上に第2の強磁性膜123が形成されている。第2の強磁性膜123は、例えば、Co膜またはCoFe膜等によって構成される。

【0028】

第2の強磁性膜123の上には反強磁性膜124が形成されている。これら第2の強磁性膜123と反強磁性膜124とは交換結合し、この交換結合により、第2の強磁性膜123は一方向に磁化されている。この磁化方向は固定されている。図1を参照した説明において、第2の強磁性膜123はビンド層123と称することとする。ビンド層123は、これまで提案された各種材料を用いて構成することができる。

【0029】

反強磁性膜124は、これまで提案された各種の材料を用いることができる。反強磁性膜124の具体例としては、PtMn、NiMn、RuRh、Mn、IrMnを主成分とするものを挙げることができる。反強磁性膜124は、Ru、Rh、Pd、Au、Ag、Fe及びCrの群から選択された少なくとも一種を含有していてもよい。反強磁性膜124がPtMn膜である場合において、ビンド層123の好ましい一例はCoFe膜である。反強磁性膜124の上側には保護膜125が備えられている。

【0030】

更に、スピナバルブ膜1の両側面には、フリー層120、121に縦方向磁気バイアスを加える磁区制御膜23、24が備えられている。磁区制御膜23、24はマグネットでもよいし、あるいは、反強磁性膜によって構成し、この反強磁性膜とフリー層120、121との間で交換結合を生じさせてもよい。磁区制御

膜 23、24 の上には、リード導体膜 21、22 がそれぞれ成膜されている。リード導体膜 21、22 は、スピナルブ膜 1 の導電膜 122 にセンス電流を流すために備えられている。

【0031】

ビンド層 123 が、反強磁性膜 124 との交換結合により、一方向に磁化されている状態で、外部磁界が印加された場合、フリー層 120、121 の磁化方向が外部磁界の強さに応じて、ある角度だけ回転する。スピナルブ膜 1 の抵抗値は、ビンド層 123 の磁化方向に対するフリー層 120、121 の磁化方向の角度によって定まる。このときの抵抗変化に応じたセンス電流の変化から、外部磁界が検出される。

【0032】

図 2 は本発明に係る製造方法が適用されるスピナルブ膜の他の例を模式的に示す断面図である。図 2において、図 1 に図示された構成部分と同一の構成部分については、同一の参照符号を付してある。図 2 に示されたスピナルブ膜の特徴は、下地膜 126 の上に反強磁性膜 124 が隣接し、反強磁性膜 124 の上にビンド層 123 が形成され、このビンド層 123 の上に導電膜 122 が形成され、この導電膜 122 の上にフリー層 121、120 が形成された積層膜で構成されていることである。

【0033】

本発明は、図 1 に示したスピナルブ膜 1 を構成する下地膜 126、フリー層を構成する第 1 の強磁性膜 120、121、導電膜 122 およびビンド層を構成する第 2 の強磁性膜 123 を形成する間、順次に形成すべき 2 つの膜の成膜プロセスの先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、成膜プロセスを中断してスピナルブ膜の異方性磁界を低減するものか、或いは図 2 に示したスピナルブ膜 1 を構成する反強磁性膜 124、ビンド層を構成する第 1 の強磁性膜 123、導電膜 122 およびフリー層を構成する第 2 の強磁性膜 120、121 を形成する間、順次に形成すべき 2 つの膜の成膜プロセスの先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、成膜プロセスを中断してスピナルブ膜の異方性磁界を低減するものである。

【0034】

図1に示す積層構造を有するスピナルブ膜の場合、成膜プロセスを中断してスピナルブ膜の異方性磁界を低減するタイミングに関して、具体的には次のような選択肢がある。

- (a) 下地膜126を成膜した後、第1のフリー層120を成膜する前
- (b) 第1のフリー層120を成膜した後、第2のフリー層121を成膜する前
- (c) 第2のフリー層121を成膜した後、導電膜122を成膜する前
- (d) 導電膜122を成膜した後、 BIND層123を成膜する前

【0035】

上述した選択肢 (a) ~ (d) の1つを実施するか、または複数を実施してもよい。

【0036】

また、図2のスピナルブ膜の場合は次のような選択肢がある。

- (e) BIND層123を成膜した後、導電膜122を成膜する前
- (f) 導電膜122を成膜した後、第2のフリー層121を成膜する前
- (g) 第2のフリー層121を成膜した後、第1のフリー層120を成膜する前

【0037】

図2のスピナルブ膜の場合も、選択肢 (e) ~ (g) の1つを実施するか、もしくは複数を実施しても良い。

【0038】

上記製造方法によれば、スピナルブ膜1の異方性磁界 H_k が、従来の連続成膜法によって得られる異方性磁界 H_k と比較して低くなる。異方性磁界 H_k が低くなると、当該スピナルブ膜を、例えば、薄膜磁気ヘッドの読み取り素子として用いた場合、読み取り信号が大きくなることが解った。

【0039】

図3は成膜プロセス中断タイミングと異方性磁界 H_k との関係を示すグラフである。図3の横軸に「連続成膜」と表示されているのは、従来の連続成膜法によってスピナルブ膜を成膜したことを示す。

【0040】

「下地膜—第1のフリー層」と表示されているのは、下地膜126を成膜した後、第1のフリー層120を成膜する前に、成膜プロセスを中断して異方性磁界を低減する工程を実施してスピンドル膜を成膜したことを示す。

【0041】

「第1のフリー層—第2のフリー層」を表示されているのは、第1のフリー層120を成膜した後、第2のフリー層121を成膜する前に、成膜プロセスを中断して異方性磁界を低減する工程を行なってスピンドル膜を成膜したことを示す。

【0042】

「第2のフリー層—導電膜」と表示されているのは、第2のフリー層121を成膜した後、導電膜122を成膜する前に、成膜プロセスを中断して異方性磁界を低減する工程を行なってスピンドル膜を成膜したことを示す。

【0043】

「導電膜—ビンド層」と表示されているのは、導電膜122を成膜した後、ビンド層123を成膜する前に、成膜プロセスを中断して異方性磁界を低減する工程を行なってスピンドル膜を成膜したことを示す。

【0044】

成膜プロセスを中断して異方性磁界を低減する工程は、何れの場合でも、基板(ウエハ)をスパッタ成膜用真空チャンバ内に20分間に亘って保持した。成膜プロセスの中断中、真空チャンバ真圧度は、成膜時に要求される値(1.0×10^{-6} Pa以下)に保った。この実験例では、基板をスパッタ成膜用真空チャンバ内に保持したままとしたが、別の真空チャンバ内に入れてもよい。しかし、その場合には、基板の移送中、基板を大気に曝すことがないようにする必要がある。

【0045】

図3の縦軸には、各成膜プロセスによって得られたスピンドル膜の異方性磁界Hk(Oe)を示してある。

【0046】

図3に示すように、従来の連続成膜法によって製造されたスピンドル膜では、異方性磁界Hkはほぼ16(Oe)となっている。これに対して、本発明に係る

製造方法に従い、成膜プロセスを中断して得られたスピニバルブ膜では、異方性磁界 H_k が、ほぼ $10 \sim 12$ (Oe) に低下している。

【0047】

図4はスピニバルブ膜を薄膜磁気ヘッドの読み取り素子として用いた場合における異方性磁界 H_k (Oe) と読み取り信号出力 (mV) との関係を示す図である。図4に示すように、スピニバルブ膜の異方性磁界 H_k が低くなると、読み取り信号出力が大きくなる。

【0048】

従来の連続成膜法によって得られるスピニバルブ膜の場合、図3のデータによれば、異方性磁界 H_k がほぼ 16 (Oe) である。このときの読み取り信号出力は約 1.2 (mV) となる。

【0049】

これに対して、本発明に係る製造方法に従い、成膜プロセスを中断して異方性磁界を低減させる処理を行なって得られたスピニバルブ膜では、図3のデータによれば、異方性磁界 H_k がほぼ $10 \sim 12$ (Oe) の範囲である。このときの読み取り信号出力は約 1.3 (mV) となる。即ち、従来よりも高い読み取り信号出力が得られる。

【0050】

別 の 方法 と し て 、 前 後 す る 2 つ の 成 膜 プ ロ セ ス の う ち 、 先 行 成 膜 プ ロ セ ス を 終 了 し た 後 、 後 続 成 膜 プ ロ セ ス を 実 行 す る 前 、 少 なく とも 1 回 、 成 膜 を 伴 わ な い プ ラ ズ マ 中 に 曝 す 工 程 を 含 ん で い て も よ い 。 この 方 法 に よ れば 、 非 常 に 短 い 处 理 時 間 で 、 ス ピ ニ バ ル ブ 膜 の 异 方 性 磁 界 を 、 必 要 な レ ベル ま で 低 下 さ せ る こ と が 可 以 ある 。 基 板 を プ ラ ズ マ 中 に 曝 す 場 合 、 ス パ ッ ク 成 膜 用 真 空 チ ャ ナ パ を 用 い て も よ い し 、 别 の 真 空 チ ャ ナ パ を 用 い て も よ い 。

【0051】

处 理 時 間 の 短 縮 に 有 効 な 别 の 方 法 と し て は 、 前 後 す る 2 つ の 成 膜 プ ロ セ ス の う ち 、 先 行 成 膜 プ ロ セ ス を 終 了 し た 後 、 後 続 成 膜 プ ロ セ ス を 実 行 す る 前 、 成 膜 用 真 空 チ ャ ナ パ よ り も 低 い 真 空 度 の 别 の 真 空 チ ャ ナ パ 内 に 入 れ る 方 法 も 有 る 。 た だ し 、 チ ャ ナ パ 間 移 送 の 際 に 、 基 板 が 大 気 に 曝 さ れ な い よ う に す る 。

【0052】

図5は処理方法と異方性磁界 H_k との関係を示すグラフである。図5の横軸に「連続成膜」と表示されているのは、従来の連続成膜法によってスピンドル法で成膜したことを示す。

【0053】

「低真空処理」と表示されているのは、先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、スパッタ成膜用真空チャンバよりも低い真空中度の別の真空チャンバ内に入れたことを示している。具体的には、真空中度 10^{-6} Paよりも真空中度の高いスパッタ成膜用真空チャンバ内で下地膜126を成膜した後、第1のフリー層120を成膜する前、基板を、スパッタ成膜用真空チャンバよりも低い真空中度 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ Paの別の真空チャンバ内に10秒間入れ、その後に、スパック成膜用真空チャンバに戻し、第1のフリー層120を成膜した。処理時間は、10秒に限定されない。それ以上の時間であってもよいし、それ以下の時間であってもよい。

【0054】

「プラズマ処理」と表示されているのは、先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、1回、成膜を伴わないプラズマ中に曝したことを見ている。具体的には、スパッタ成膜用真空チャンバ内で下地膜126を成膜した後、第1のフリー層120を成膜する前、スパック成膜用真空チャンバのターゲット用シャッタを開じ、30秒間、プラズマに曝した。その後、第1のフリー層120を成膜した。処理時間は、30秒に限定されない。それ以上の時間であってもよいし、それ以下の時間であってもよい。

【0055】

図5に示すように、従来の連続成膜法によって製造されたスピンドル法では、異方性磁界 H_k がほぼ16(Oe)であるのに対して、低真空処理及びプラズマ処理を経て得られたスピンドル法では、異方性磁界 H_k がほぼ8(Oe)に低下している。

【0056】

図4を参照すると、異方性磁界 H_k がほぼ16(Oe)である従来スピンドル

ブ膜の場合、読み取り信号出力は約1.2(mV)となるのに対し、低真空処理及びプラズマ処理を経て得られ、異方性磁界Hkが約8(0e)であるスピンドルブ膜では、読み取り信号出力は約1.35(mV)なっており、高い読み取り信号出力が得られている。

【0057】

しかも、異方性磁界Hkを約8(0e)まで低下させるのに、低真空処理の場合は10秒、プラズマ処理の場合には約30秒の処理時間で済むので、プロセスに要する時間を著しく短縮できる。

【0058】

処理時間の短縮に有効な別の方法として、前後する成膜プロセスのうち、先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、成膜用真空チャンバよりもH₂O濃度またはO₂濃度の高い別の真空チャンバ内に基板を入れる方法もある。具体的には、スパック成膜用真空チャンバ内で下地膜126を成膜した後、第1のフリー層120を成膜する前、成膜用真空チャンバよりもH₂O濃度またはO₂濃度の高い別の真空チャンバ内に、基板を例えば10秒～30秒間入れ、その後に、スパック成膜用真空チャンバに戻し、第1のフリー層120を成膜する。

【0059】

処理時間の短縮に有効な更に別の方法としては、前後する2つの成膜プロセスのうち、先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、H₂OまたはO₂が1ppm以上含まれるガスにより表面処理を行う方法もある。具体的には、スパック成膜用真空チャンバ内で下地膜126を成膜した後、第1のフリー層120を成膜する前、基板を、スパック成膜用真空チャンバから別のチャンバに移し、H₂OまたはO₂が1ppm以上含まれるガスにより表面処理を行う。処理時間は、例えば10秒～30秒間である。その後に、スパック成膜用真空チャンバに戻し、第1のフリー層120を成膜する。別個の真空チャンバを用いることなく、スパック成膜用真空チャンバを用いて、同じプロセスを実行することもできる。

【0060】

処理時間の短縮に有効な更に別の方針としては、前後する2つの成膜プロセスのうち、先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、プロセスガスを流しながら、所定時間放置する。具体的には、スパック成膜用真空チャンバ内で下地膜126を成膜した後、第1のフリー層120を成膜する前、基板を、スパック成膜用真空チャンバから別の真空チャンバに入れ、プロセスガスを流しながら、所定時間放置する。処理時間は、例えば10秒～30秒間程度でよい。その後に、スパック成膜用真空チャンバに戻し、第1のフリー層120を成膜する。別個の真空チャンバを用いることなく、スパック成膜用真空チャンバを用いて、同じプロセスを実行することもできる。プロセスガスとしては、スパッタリングで一般的に使用されているように、Ar, Ne, Xe等の希ガス類及び希ガスを主成分とし、これに H₂O, O₂, N₂等の物質を混入させた

【0061】

処理時間の短縮に有効な何れの処理方法においても、その適用タイミングについては、成膜プロセスの中斷に関して具体的に述べた選択肢(a)～(g)がある。選択肢(a)～(g)の1つを実施するか、もしくは複数を実施することもできる。更に、上述した処理方法のいくつかを組み合わせてもよい。

【0062】

以上述べたように、本発明によれば、薄膜磁気ヘッドの読み取り素子として用いた場合に、高い読み取り信号出力を得ることができるスピナブルプ膜を製造する方法を提供することができる。

クレーム

1. 基板の表面に下地膜を形成する工程と、
この下地膜の上にフリー層として機能する第1の強磁性膜を形成する工程と、
この第1の強磁性膜の上に導電膜を形成する工程と、
この導電膜の上にピンド層として機能する第2の強磁性膜を形成する工程と、
この第2の強磁性膜の上に反強磁性膜を形成する工程とを具え、
スピナルバップ膜を構成する前記の下地膜、第1の強磁性膜、導電膜および第2
の強磁性膜を形成するプロセスにおいて順次に形成すべき2つの膜の成膜プロセスの先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、成膜プロセスを中断してスピナルバップ膜の異方性磁界を低減する工程を有するスピナルバップ膜の製造方法。
2. クレーム1のスピナルバップ膜の製造方法において、前記スピナルバップ膜を構成する膜を、基板を成膜用真空チャンバ内に入れてスッパッタリング、モルキュラー・ビーム・エピタキシまたは蒸着で形成するスピナルバップ膜の製造方法。
3. クレーム2のスピナルバップ膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、基板をそのまま成膜用真空チャンバ内に残したままで、成膜プロセスを中断して異方性磁界を低減する工程を実施するスピナルバップ膜の製造方法。
4. クレーム3のスピナルバップ膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、成膜を伴わないプラズマ中に曝すことにより異方性磁界を低減する工程を実施するスピナルバップ膜の製造方法。
5. クレーム3のスピナルバップ膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、プロセスガスを流すことにより異方性磁界を低減する工程を実施するスピナルバップ膜の製造方法。
6. クレーム3のスピナルバップ膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、H₂OまたはO₂が1DpM以上含まれるガスにより表面処理を行うことにより異方性磁界を低減する工程を実施するスピナルバップ膜の製造方法。

7. クレーム 2 のスピンドルブローバルブ膜の製造方法において、前記成膜用真空チャンバ内で先行成膜プロセスを終了した後、基板を別個の真空チャンバへ移して成膜プロセスを中断して異方性磁界を低減する工程を実施し、その後基板を再び成膜用真空チャンバへ戻して、後続の成膜プロセスを実行するスピンドルブローバルブ膜の製造方法。

8. クレーム 7 のスピンドルブローバルブ膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、基板を別個の真空チャンバへ移して成膜を伴わないプラズマ中に曝すことにより異方性磁界を低減する工程を実施するスピンドルブローバルブ膜の製造方法。

9. クレーム 7 のスピンドルブローバルブ膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、基板を別個の真空チャンバへ移してプロセスガスを流すことにより異方性磁界を低減する工程を実施するスピンドルブローバルブ膜の製造方法。

10. クレーム 7 のスピンドルブローバルブ膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、基板を成膜用真空チャンバよりも低い真空中度の別の真空チャンバへ移して異方性磁界の低減工程を実施するスピンドルブローバルブ膜の製造方法。

11. クレーム 7 のスピンドルブローバルブ膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、基板を成膜用真空チャンバよりも H_2O 濃度または O_2 濃度の高い別の真空チャンバへ移して異方性磁界の低減工程を実施するスピンドルブローバルブ膜の製造方法。

12. クレーム 7 のスピンドルブローバルブ膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、基板を別の真空チャンバへ移して、 H_2O または O_2 が 1 pp m 以上含まれるガスにより表面処理を行うことにより異方性磁界を低減する工程を実施するスピンドルブローバルブ膜の製造方法。

13. 基板の表面に下地膜を形成する工程と、

この下地膜の上に反強磁性膜を形成する工程と、

この反強磁性膜の上にビンド層として機能する第 1 の強磁性膜を形成する工程と、

この第 1 の強磁性膜の上に導電膜を形成する工程と、

この導電膜の上にフリー層として機能する第 2 の強磁性膜を形成する工程とを

見え、

スピンドル膜を構成する前記第1の強磁性膜、導電膜および第2の強磁性膜を形成するプロセスにおいて順次に形成すべき2つの膜の成膜プロセスの先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、成膜プロセスを中断してスピンドル膜の異方性磁界を低減する工程を有するスピンドル膜の製造方法。

14. クレーム13のスピンドル膜の製造方法において、前記スピンドル膜を構成する膜を、基板を成膜用真空チャンバ内に入れてスッパッタリング、モルキュラー・ビーム・エピタキシまたは蒸着で形成するスピンドル膜の製造方法。

15. クレーム14のスピンドル膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、基板をそのまま成膜用真空チャンバ内に残したまま、成膜プロセスを中断して異方性磁界を低減する工程を実施するスピンドル膜の製造方法。

16. クレーム15のスピンドル膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、成膜を伴わないプラズマ中に曝すことにより異方性磁界を低減する工程を実施するスピンドル膜の製造方法。

17. クレーム15のスピンドル膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、プロセスガスを流すことにより異方性磁界を低減する工程を実施するスピンドル膜の製造方法。

18. クレーム15のスピンドル膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、 H_2O または O_2 が1 ppm以上含まれるガスにより表面処理を行うことにより異方性磁界を低減する工程を実施するスピンドル膜の製造方法。

19. クレーム14のスピンドル膜の製造方法において、前記成膜用真空チャンバ内で先行成膜プロセスを終了した後、基板を別個の真空チャンバへ移して成膜プロセスを中断して異方性磁界を低減する工程を実施し、その後基板を再び成膜用真空チャンバへ戻して、後続の成膜プロセスを実行するスピンドル膜の製造方法。

20. クレーム19のスピナルブ膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、基板を別個の真空チャンバへ移して成膜を伴わないプラズマ中に曝すことにより異方性磁界を低減する工程を実施するスピナルブ膜の製造方法。

21. クレーム19のスピナルブ膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、基板を別個の真空チャンバへ移してプロセスガスを流すことにより異方性磁界を低減する工程を実施するスピナルブ膜の製造方法。

22. クレーム19のスピナルブ膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、 H_2O または O_2 が1 ppm以上含まれるガスにより表面処理を行うことにより異方性磁界を低減する工程を実施するスピナルブ膜の製造方法。

23. クレーム19のスピナルブ膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、基板を成膜用真空チャンバよりも低い真空中度の別の真空チャンバへ移して異方性磁界の低減工程を実施するスピナルブ膜の製造方法。

24. クレーム19のスピナルブ膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、基板を成膜用真空チャンバよりも H_2O 濃度または O_2 濃度の高い別の真空チャンバへ移して異方性磁界の低減工程を実施するスピナルブ膜の製造方法。

25. 誘導型の書き込み素子を基板によって支持されるように形成される前または後に、スピナルブ膜を有する磁気抵抗効果型の読み取り素子を形成するプロセスを含み、このプロセスが、

基板の表面に下地膜を形成する工程と、

この下地膜の上にフリー層として機能する第1の強磁性膜を形成する工程と、

この第1の強磁性膜の上に導電膜を形成する工程と、

この導電膜の上にピンド層として機能する第2の強磁性膜を形成する工程と、

この第2の強磁性膜の上に反強磁性膜を形成する工程とを具え、

スピナルブ膜を構成する前記の下地膜、第1の強磁性膜、導電膜および第2の強磁性膜を形成するプロセスにおいて順次に形成すべき2つの膜の成膜プロセスの先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、成膜プロ

セスを中断してスピナルブ膜の異方性磁界を低減する工程を有する薄膜磁気ヘッドの製造方法。

26. 誘導型の書き込み素子を基板によって支持されるように形成される前または後に、スピナルブ膜を有する磁気抵抗効果型の読み取り素子を形成するプロセスを含み、このプロセスが、

基板の表面に下地膜を形成する工程と、

この下地膜の上に反強磁性膜を形成する工程と、

この反強磁性膜の上にピンド層として機能する第1の強磁性膜を形成する工程と、

この第1の強磁性膜の上に導電膜を形成する工程と、

この導電膜の上にフリー層として機能する第2の強磁性膜を形成する工程とを具え、

スピナルブ膜を構成する前記第1の強磁性膜、導電膜および第2の強磁性膜を形成するプロセスにおいて順次に形成すべき2つの膜の成膜プロセスの先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、成膜プロセスを中断してスピナルブ膜の異方性磁界を低減する工程を有する薄膜磁気ヘッドの製造方法。

要 約

薄膜磁気ヘッドの読み取り素子として用いた場合に、高い読み取り信号出力を得ることができるスピナルブ膜を成膜する工程において、前後する2つの成膜プロセスのうち、先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、成膜プロセスを中断して異方性磁界を低減する工程を設ける。この異方性磁界を低減する工程は、基板を成膜用真空チャンバ内にそのまま保持することによって実施してもよいが、プラズマ中に曝したり、真空中度が成膜用真空チャンバよりも低い別の真空チャンバへ移したり、 H_2O 濃度または O_2 濃度が成膜用真空チャンバよりも高い別の真空チャンバへ移したり、 H_2O または O_2 が1 ppm以上含まれるガスにより表面処理を行ったり、プロセスガスを流すことにより、異方性磁界を低減する工程の時間を短縮することもできる。